

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3331989 A1

⑤ Int. Cl. 3:
F23N 1/02
A 62 D 3/00

② Aktenzeichen: P 33 31 989.8
② Anmeldetag: 5. 9. 83
④ Offenlegungstag: 4. 4. 85

① A2. 2006

22278 U.S. PTO
09856342



DE 3331989 A1

⑦ Anmelder:

L. & C. Steinmüller GmbH, 5270 Gummersbach, DE

⑦ Erfinder:

Leikert, Klaus, Dipl.-Ing.; Büttner, Gerhard, 5270
Gummersbach, DE; Rennert, Klaus-Dieter, Dipl.-Ing.,
5277 Marienheide, DE

Erfindungsbereich

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

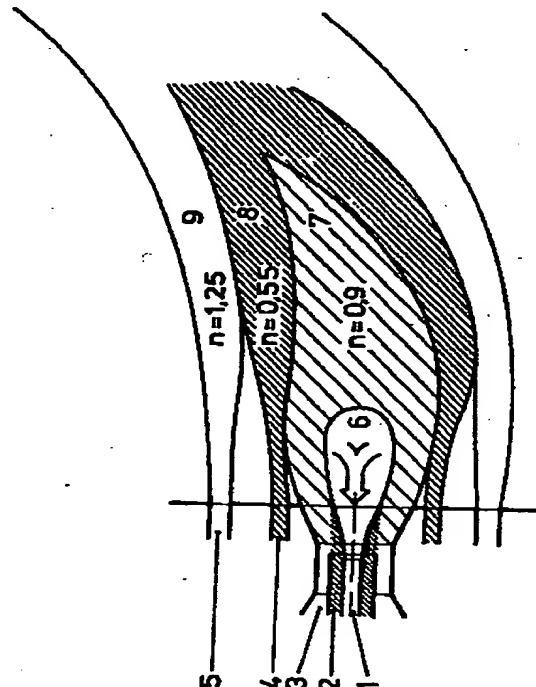
⑤ Verfahren zur Verminderung der NO_x-Emission bei der Verbrennung von stickstoffhaltigen Brennstoffen

Verfahren zur Verminderung der NO_x-Emission bei der Verbrennung von stickstoffhaltigen Brennstoffen über Brenner in einem geschlossenen Feuerraum, bei dem Brennstoff und Verbrennungsluft der Brennerflamme in Teilströmen über voneinander getrennte Zuführungen gestuft zugegeben werden, wobei

a) in einer ersten Stufe eine Primärflamme mit niedriger bis leicht unterstöchiometrischer Betriebsweise mit mindestens der Hälfte der Gesamtleistung erzeugt wird;

b) in einer zweiten Stufe der Primärflamme stromab in einem gewissen Abstand Stufenbrennstoff mit einem Fluid zugeführt und eine Verbrennung mit dem Restsauerstoff aus der Primärflamme bzw. dem Sauerstoff des Fluids eingeleitet wird;

) in einer dritten Stufe (Ausbrandzone) das so entstandene Gemisch aus Rauchgas und nicht ausgebranntem Brennstoff mit einem starken Strahl weiterer Stufenluft erneut durchmischt und verbrannt wird.



DE 3331989 A1


L. + C. St in Müller GmbH 5270 Gummersbach, den 18.08.1983
Postfach 10 08 55/10 08 65

Pa 8317

Kl./Al.

3331989

Patentanspruch



Verfahren zur Verminderung der NO_x-Emission bei der Verbrennung von stickstoffhaltigen Brennstoffen über Brenner in einem geschlossenen Feuerraum, bei dem Brennstoff und Verbrennungsluft der Brennerflamme in Teilströmen über voneinander getrennte Zuführungen gestuft zugegeben werden, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensführung:

- a) In einer ersten Stufe wird eine Primärflamme mit niedriger bis leicht unterstöchiometrischer Betriebsweise mit mindestens der Hälfte der Gesamtleistung erzeugt;
- b) in einer zweiten Stufe wird der Primärflamme stromab in einem gewissen Abstand Stufenbrennstoff mit einem Fluid zugeführt und eine Verbrennung mit dem Restsauerstoff aus der Primärflamme bzw. dem Sauerstoff des Fluids eingeleitet;
- c) in einer dritten Stufe (Ausbrandzone) wird das so entstandene Gemisch aus Rauchgas und nicht ausgebranntem Brennstoff mit einem starken Strahl weiterer Stufenluft erneut durchmischt und verbrannt.

- die Bildung von Brennstoff- NO_x , die über die Oxidation im Brennstoff gebundener Stickstoffverbindungen erfolgt. Während der Pyrolyse eines flüssigen oder staubförmigen Brennstoffes bilden sich aus diesen Stickstoffverbindungen Stickstoff-Kohlenstoff- und Stickstoff-Wasserstoffradikale, z. B. HCN , die wegen ihrer Reaktionsfähigkeit mit molekularem Sauerstoff schon bei relativ niedrigen Temperaturen, bei der Anwesenheit von Sauerstoff, zu NO_x oxidiert.

Eine Verringerung der thermischen NO_x -Bildung erreicht man daher vor allem durch Absenken der Verbrennungstemperatur und der Verweilzeiten bei hohen Temperaturen. Da bei der Verbrennung von flüssigen und staubförmigen Brennstoffen mit gebundenem Stickstoff jedoch ein großer Anteil der gesamten NO_x -Bildung über die Brennstoff- NO_x -Reaktion entsteht, sind bei solchen Brennstoffen vorgenannte Maßnahmen zur Erreichung der in einigen Ländern bestehenden Emissionsrichtwerte nicht ausreichend. Hierfür ist es notwendig, die Stickstoffverbindungen noch während der Pyrolyse in Abwesenheit von Sauerstoff zu molekularem Stickstoff (N_2) zu reduzieren. Untersuchungen haben gezeigt, daß diese Reduktionsreaktionen zu molekularem Stickstoff z. B. dann stattfinden, wenn die Brennstoffe unter unterstöchiometrischen Bedingungen, d. h. mit weniger Sauerstoff- bzw. Luftzugabe als zur vollständigen Verbrennung nötig, verbrannt werden.

Bei praktischer Anwendung der oben näher beschriebenen Verfahrensführung hat sich gezeigt, daß mit einer solchen Teilverbrennung mit anschließender Nachverbrennung (Zweistufenverbrennung) sowohl die Brennstoff- NO_x -Bildung bei gleichzeitigem Wärmeentzug aus dem unterstöchiometrischen Bereich, aber auch die thermische NO_x -Bildung vermindert werden konnte, wobei allerdings das angestrebte

L. + C. St inmüller GmbH 5270 Gummersbach, den 18.08.1983
Postfach 10 08 55/10 08 65

Pa 8317

Kl./Al.

Patentanmeldung

**"Verfahren zur Verminderung der
NO_x-Emission bei der Verbrennung von
stickstoffhaltigen Brennstoffen"**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verminderung der NO_x-Emission bei der Verbrennung von stickstoffhaltigen Brennstoffen über Brenner in einem geschlossenen Feuerraum, bei dem Brennstoff und Verbrennungsluft der Brennerflamme in Teilströmen über voneinander getrennte Zuführungen gestuft zugegeben werden.

Die Reaktionsmechanismen, die die Bildung von Stickoxiden in technischen Feuerungen verursachen, sind weitgehend bekannt. Man unterscheidet heute im wesentlichen zwei verschiedene Bildungsreaktionen:

- die thermische NO_x-Bildung, die auf der Oxidation von molekularem Stickstoff beruht, der z. B. reichlich in der Verbrennungsluft vorkommt. Da die Oxidation von molekularem Stickstoff atomaren Sauerstoff oder aggressive Radikale (z. B. OH etc.) erfordert, ist sie stark temperaturabhängig, daher thermisches NO_x;

Ziel einer Verminderung von mehr als 50 % gegenüber einer ungestuften Verfahrensführung nicht erreicht werden konnte.

Ein gattungsgemäßes Verfahren ist aus der US-PS 40 23 921 bekannt. Bei diesem Verfahren wird zur NO_x -Reduktion eine Rezirkulation von kaltem Rauchgas verwendet. Zwar wird auch eine gewisse Stufung der Verbrennung dadurch erreicht, daß die Verbrennungsluft in einen Primärstrom und einen Sekundärstrom aufgeteilt wird, die der Flamme auch hintereinander zugemischt werden, der Primärstrom beträgt jedoch nur 2% bis 10%. Diese geringe prozentuale Luftzumischung reicht aber nicht aus, um in der Primärzone einen wesentlichen Anteil des Brennstoffes zu pyrolysieren. Nur wenn in der Primärzone eine Brennstoffpyrolyse bei Sauerstoffmangel erreicht wird, kann die Bildung von Brennstoff- NO_x unterdrückt werden. Daher ist mit diesem Verfahren nur eine Verringerung des thermischen NO_x erreichbar.

Man hat weiterhin festgestellt, daß durch Verlangsamung der Mischung zwischen Luft- und Brennstoffstrom ebenfalls beträchtliche Verminderung der NO_x -Emission erreicht werden kann.

In einem bekanntgewordenen Kohlenstaubbrenner (DE-GM 18 68 003) wird der mantelförmige Sekundärluftstrom in zwei direkt benachbarten, ringförmig angeordneten, getrennt steuerbaren Rohren zugegeben, um z. B. den inneren und damit dem Staubstrahl unmittelbar benachbarten Sekundärluftstrom mit niedriger und den äußeren Sekundärluftstrom mit höherer Geschwindigkeit austreten zu lassen. Nachteilig an dieser Anordnung ist, daß eine Verlängerung der Flamme eintritt, die dadurch größere Feuerräume zur Folge hat, und daß bei der lastbedingten Absenkung der Sekundärluft die Sekundärluftgeschwindig-

keit abgesenkt wird, wodurch sich der Charakter und die Form der Flamme ändern. Unter Umständen kann hierbei die Zündung nachteilig beeinflusst werden.

Weiterhin ist bekannt, eine Primärverbrennung unter unterstöchiometrischen Verhältnissen in einer Vorkammer vorzunehmen und die zum vollständigen Ausbrand erforderliche Luft den Feuergasen, die die Vorkammer verlassen, zuzumischen. Weiterhin werden durch einen Brenneraufsatz Rauchgase aus dem Feuerraum angesaugt (DE-OS 21 29 357).

Der bisher bekannt gewordene Stand der Technik und die in Verbindung mit umfangreichen Versuchen gewonnenen Erkenntnisse haben gezeigt, daß die angestrebte NO_x -Verminderung nicht erreicht werden konnte. Es sind daher, aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen, weitere Versuche durchgeführt worden mit der Zielsetzung, zwangsläufig noch gebildetes NO_x zu reduzieren, um insgesamt gesehen eine NO_x -Verminderung auf angestrebter Höhe zu erreichen. Diese Versuche gehen im wesentlichen davon aus, daß den Rauchgasen aus einer ersten Flamme Zusatzbrennstoff zugemischt wird. Bei der Vermischung des Zusatzbrennstoffes mit den heißen NO_x -behafteten Rauchgasen entstehen Verbrennungsprodukte, die das bereits gebildete Stickoxid aus den Rauchgasen der Primärflamme reduzieren. Außerdem wird der gesamte Brennstoffstickstoff, der in den flüchtigen Bestandteilen des Zusatzbrennstoffes enthalten ist, zusammen mit diesen freigesetzt und unter den reduzierenden Bedingungen zu molekularem Stickstoff zurückgebildet.

Bereits gebildetes Stickoxid wird sowohl an den Kohlenstoffpartikeln der Sekundärflamme durch direkte Reaktion als auch an den gasförmigen Bestandteilen der Sekundärflamme (indirekte Reaktion) reduziert.

stoffes in die aus der Primärflamme kommenden Rauchgase die sich ausbildende Sekundärverbrennungszone zwar den gewünschten NO_x -reduzierenden Effekt besitzt, jedoch infolge des Kontaktes der reduzierenden Atmosphäre mit den Umfassungswänden des Feuerraumes brennstoffbedingt Korrosionen und Verschlackungen auslöst.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei der Verbrennung von stickstoffhaltigen Brennstoffen über Brenner die Verfahrensführung derart zu wählen, daß die Einflußnahme über Sekundärbrennstoffe auf eine NO_x -Reduzierung voll erhalten bleibt, ohne daß die reduzierenden Rauchgase mit den Umfassungswänden des Feuerraumes in Kontakt kommen und Korrosionen und Verschlackungen auslösen.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird zur Verminderung der NO_x -Emissionen von stickstoffhaltigen Brennstoffen über Brenner eine Verfahrensführung vorgeschlagen, die folgendermaßen gekennzeichnet ist:

- a) In einer ersten Stufe wird eine Primärflamme mit niedriger bis leicht unterstöchiometrischer Betriebsweise mit mindestens der Hälfte der Gesamtleistung erzeugt;
- b) in einer zweiten Stufe wird der Primärflamme stromab in einem gewissen Abstand Stufenbrennstoff mit einem Fluid zugeführt und eine Verbrennung mit dem Restsauerstoff aus der Primärflamme bzw. dem Sauerstoff des Fluids eingeleitet;
- c) in einer dritten Stufe (Ausbrandzone) wird das so entstandene Gemisch aus Rauchgas und nicht ausgebranntem Brennstoff mit einem starken Strahl weiterer Stufenluft erneut durchmischt und verbrannt.

Normalerweise ist die direkte Reaktion vorherrschend. Hauptsächlich geht es dabei um eine Reduktion von Stickstoffmonoxid mit gebundenen Kohlenstoffatomen. Das Kohlenmonoxid-Verhältnis wird von der Temperatur und von der Natur des Feststoffpartikels bestimmt. Während dieser Reaktion bilden sich gleichfalls Kohlenstoff-Sauerstoff-Komplexe an der Oberfläche des Feststoffteilchen, die, wenigstens bei niedrigen Temperaturen, den globalen Reduktionsvorgang beeinträchtigen. Die Anwesenheit von Wasserstoff oder Kohlenmonoxid als gasförmige Reduzierungsmittel beschleunigt daher den Reaktionsvorgang, weil sie unter Bildung von Kohlendioxid und Wasser mit diesen Oberflächenkomplexen reagieren.

Sobald aber im Reaktionsgebiet eine Wasserstoffquelle auftritt (sei es Wasserstoff oder feststoffgebundene Wasserstoffatome), stellt sich die indirekte Umwandlung parallel zur direkten ein. Speziell in Anwesenheit freier Wasserstoffmoleküle werden beträchtliche Mengen von Ammoniak als Stickstoffzwischenprodukte gebildet. Letztere verwandeln sich weiter auch in Stickstoff, und zwar auf direktem Weg (durch Reagieren mit Stickstoffmonoxid oder mit Ammoniak) und auch auf indirektem Wege über die Bildung von Blausäure als Zwischenprodukt.

Die Bedeutung solcher heterogener Stickstoffmonoxidreduzierung unter typischen Flammenbedingungen ist bis jetzt noch nicht eindeutig geklärt. Dennoch gibt es wichtige Hinweise, daß wenigstens im Falle von Steinkohlenstaub-Flammen, dieser Vorgang in der Bestimmung der Stickstoffmonoxidemissionen eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielt. Diese theoretischen und versuchstechnisch gestützten Überlegungen sind in Verbindung mit der angewendeten Versuchstechnik großtechnisch auf die dort eingesetzten Brennerkonzeptionen nicht ohne weiteres anwendbar, weil bei einer Zugabe des Sekundärbrenn-

Während in der ersten Stufe zur Schaffung einer Primärflamme die bekannten Verfahrenskriterien angewendet werden, erfolgt in der zweiten Stufe durch die Zugabe von Sekundärbrennstoff um den Flammenkegel herum die vom Sekundärbrennstoff ausgehende NO_x -reduzierende Wirkung. Um die insbesondere durch die Verfahrensführung in der zweiten Stufe erzielten Wirkungen voll erhalten zu können und Korrosions- und Verschlackungserscheinungen zu vermeiden, wird in einer dritten Stufe weitere Verbrennungsluft so zugegeben, daß der Restausbrand der Rauchgase sichergestellt ist und die Flamme mit den Feuer-raumumfassungswänden nicht in unmittelbare Berührung kommt.

Anhand der in der Zeichnung dargestellten Figur ist das erfindungsgemäße Verfahren im Prinzip an einem Ausführungsbeispiel nachfolgend erläutert.

Primärbrennstoff wird mit seiner Tragluft durch den Querschnitt 2 des Primärbrenners eingedüst. Mantelluft wird mit einem Drall versehen in einem coaxial dazu angeordneten äußeren Querschnitt 3 zugegeben. Diese Brennstoff- und Luftzugabe bilden eine Primärflamme 7, die unter- oder nahstöchiometrisch betrieben wird. Die sich ausbildende Primärflamme 7 besitzt eine hohe Zündstabilität infolge der Anlehnung an die Luft- und Brennstoffzuführung des Wirbelbrenners, bei dem die Zündung durch das Vorhandensein einer starken internen Rückstromzone 6 unabhängig von den benachbarten Brennern erzwungen wird. Dieser Brennerflamme wird Zusatzbrennstoff über Düsen 4, die am Umfang des Primärbrenners angeordnet sind, so zugegeben, so daß sich stromab ein sogenannter Sekundärflammenbereich 8 ausbildet, der stark unterstöchiometrisch ist und in der das aus dem Primärflammenbereich entstandene NO_x reduziert wird. Dem sogenannten Sekundärflammenbereich 8 wird weiterhin über Düsen 5 weitere

05.09.83

3331989

- 9 -

Verbrennungsluft zugegeben, deren Aufgabe es ist, den Restausbrand in einer Zone 9 sicherzustellen und eine geschlossene Flammenform zu erzeugen, bei der die Berührung der Flamme mit den Feuerraumwänden vermieden ist. Die Zugabe der weiteren Verbrennungsluft (3. Stufe) kann ein- oder mehrstrahlig erfolgen.

- 10 -
- Leerseite -

- 11 -

Nummer:

Int. Cl. 3:

Anmeldetag:

Offenlegungstag:

33 31 989

F 23 N 1/02

5. September 1983

4. April 1985

